放牧和舍饲育肥对绒山羊血浆和肌肉氨基酸组成的影响

吴铁梅 闫素梅* 张 莹 王 雪 格日乐玛 郭晓宇

(内蒙古农业大学动物科学学院，呼和浩特 010018）

摘 要:本试验研究了放牧和舍饲育肥对阿尔巴斯白绒山羊成年羊和断奶羔羊血液和肌肉组织（背最长肌、臂三头肌、股二头肌和臀肌）中氨基酸组成的影响。采用2×2因子试验设计，选择体重、体型外貌接近、健康无病的4月龄阿尔巴斯白绒山羊断奶羔羊[（20.36±0.32）kg]60只和5岁成年羊[（40.38±0.84） kg]60只，分为4组，每组30只。因素1为育肥方式，放牧育肥和舍饲育肥(采食全混合日粮）2种，分别记为 PF 和 SF；因素2为年龄，成年羊和羔羊2个阶段，分别记为 AG 与 KG。成年羊和羔羊分别进行60和90 d 的育肥。结果表明：PF 组血浆非必需氨基酸(NEAA)和呈味氨基酸(DAA)浓度显著低于 SF 组（$P<0.05$），必需氨基酸(EAA)、功能性氨基酸(FAA)和限制性氨基酸(LAA)浓度显著高于 SF 组（$P<0.05$）。KG 组血浆 NEAA、FAA 和 DAA 浓度显著高于 AG 组（$P<0.05$），而 EAA、支链氨基酸（BCAA）和 LAA 浓度均显著低于 AG 组（$P<0.05$）。总体上，PF 组肌肉粗蛋白质（CP）、EAA、NEAA、总氨基酸（TAA）、BCAA、FAA 和 DAA 含量低于 SF 组。KG 组肌肉 CP、EAA、NEAA、TAA、BCAA、LAA、FAA 和 DAA 含量高于 AG 组。由此可见，舍饲育肥绒山羊肌肉氨基酸组成优于放牧育肥，断奶羔羊肌肉的氨基酸组成优于成年羊。

关键词：育肥方式；年龄；绒山羊；氨基酸

中图分类号：S826

我国的山羊数量及山羊肉产量位居世界第一，在世界养羊业生产中占有重要地位。随着人们生活水平的不断提高，对山羊肉产品的需求量和肉品质的要求也愈来愈高。因此，不断改善羊肉的品质和风味，是目前羊肉生产领域的研究焦点之一。肌肉氨基酸组成和含量是反映蛋白质营养价值的主要因素，尤其是人体需要的必需氨基酸（EAA）和非必需氨基酸（NEAA）含量，肉中 EAA 含量越高，EAA/NEAA 越高，营养价值越高[1]。氨基酸除了可作为评定蛋白质品质的重要指标外，通过美拉德反应和斯特雷克降解生成挥发性化合物[2-5]，

收稿日期：2016-03-24

基金项目：国家公益性行业（农业）科研专项经费（201003061）

作者简介：吴铁梅（1988-），女，内蒙古通辽人，博士，从事动物营养与饲料领域研究。E-mail: wuyuyan0820@126.com

*通信作者：闫素梅，教授，博士生导师,E-mail: yansmimau@163.com

还影响肉的适口性和风味[6-7]。天冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、精氨酸(Arg)、蛋氨酸(Met)和半胱氨酸(Cys)是主要的呈味氨基酸(DAA)[8-9]，其中 Asp 和 Glu 这 2 种酸性氨基酸对肉鲜味起主导作用[10]。然而，羊肉氨基酸组成受到很多因素的影响，如品种、性别、饲养方式、饲粮因素、动物种类及年龄。张振伟等[11]研究舍饲条件下，年龄对中卫山羊羯羊肉质的影响，结果得出 6 月龄山羊肉 Arg 含量显著高于 16 月龄，但是其他各种氨基酸含量之间差异不显著。阿尔巴斯白绒山羊是内蒙古鄂尔多斯荒漠草原上优良的绒肉兼用型品种，其肉质细嫩、无膻味、口感好、蛋白质含量高、脂肪与胆固醇含量低，而且富含多种氨基酸，从而倍受消费者的青睐。绒山羊传统的育肥方式是放牧育肥，但受草原面积和生态环境的限制以及人们对羊肉需求量的不断增加，舍饲育肥成为了目前绒山羊育肥的重要方式，尤其是羊肉的主要生产来源的 2 个年龄段——断奶羔羊和淘汰的成年羊。然而，舍饲育肥与传统放牧育肥相比，是否对绒山羊肉氨基酸组成产生影响，以及成年羊和断奶羔羊羊肉氨基酸组成是否存在差异尚未见到研究报道。鉴于此，本文结合山羊消化生理特点，以当地主要饲料资源为原料配制典型的育肥全混合日粮（total mixed ration，TMR），从山羊肉氨基酸组成的角度探讨天然草场放牧育肥和 TMR 舍饲育肥对成年山羊和断奶羔羊的羊肉品质及风味是否有影响，为深入研究绒山羊的蛋白质代谢，合理确定育肥方案，并通过饲粮调控改善羊肉品质提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计与饲粮

采用 2×2 因子试验设计，选择体重、体型外貌接近、健康无病的 4 月龄阿尔巴斯白绒山羊断奶羔羊[（20.36±0.32） kg]60 只和 5 岁成年母羊[（40.38±0.84） kg]60 只，分为 4 组，每组 30 只羊。因素 1 为育肥方式，放牧育肥和舍饲育肥[采食全混合日粮(TMR）]2 种，分别记为 PF 和 SF；因素 2 为年龄，成年羊和羔羊 2 个阶段，分别记为 AG 与 KG。参照《肉羊饲养标准》(NY/T 816-2004)[12]配制 SF 组成年羊和羔羊的 TMR，每天饲喂 2 次，自由采食与饮水，环境条件及饲养管理均保持一致，TMR 组成、营养水平及氨基酸组成见表 1。PF 组的成年羊和羔羊在不同的天然草场上放牧育肥，每天 07：00 出牧，18:00 归牧。采食的牧草营养水平及氨基酸组成见表 2。成年羊的育肥期为 60 d，分为育肥前期（1~30 d，8 月份）和后期（31~60 d，9 月份）；羔羊育肥期为 90 d，分为育肥前期（1~30 d，8 月份）、中期（31~60 d，9 月份）

和后期（61~90 d，10 月份）。试验开始前对每组羊进行称重。

表 1 舍饲育肥成年羊和羔羊全混合日粮组成、营养水平及氨基酸组成(风干基础)

Table 1 Composition, nutrient levels and amino acid profile of TMRs for stall fattening AG and KG (air-dry basis) %

项目 Items	成年羊 AG		羔羊 KG		
	1~30 d	31~60 d	1~30 d	31~60 d	61~90 d
原料 Ingredients					
苜蓿 Alfalfa			10.80		
玉米秸秆 Maize straw	4.62	4.02	4.03	4.20	7.71
葵花盘粉 Sunflower plate powder	36.85	28.03	29.41	32.66	25.00
白酒糟 Distiller’s grains	25.38	19.86	16.21	13.50	16.53
玉米 Corn	22.76	42.62	18.71	30.15	40.82
大豆粕 Soybean meal			4.78	1.59	0.00
棉籽粕 Cottonseed meal	3.56	2.70	5.67	4.73	2.41
玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS	5.16	1.22	7.98	10.80	5.60
预混料 Premix[1)]	0.50	0.36	1.00	1.00	0.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.15	0.09	0.22	0.27	0.22
食盐 NaCl	0.51	0.44	0.54	0.45	0.55
小苏打 $NaHCO_3$	0.51	0.66	0.65	0.65	0.66
总计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
消化能 DE/（MJ/kg)	10.73	11.45	10.85	11.36	11.52
粗蛋白质 CP	14.65	12.45	16.39	14.78	12.43
中性洗涤纤维 NDF	30.33	26.6	31.33	28.36	28.26
酸性洗涤纤维 ADF	19.55	16.08	19.45	16.41	16.06
钙 Ca	0.56	0.43	0.67	0.45	0.41
磷 P	0.22	0.17	0.28	0.22	0.17
氨基酸组成 Amino acid profile[3)]					
苏氨酸 Thr	0.946	0.775	0.943	0.878	0.745
缬氨酸 Val	0.474	0.361	0.614	0.497	0.39
蛋氨酸 Met	0.305	0.242	0.318	0.292	0.248
异亮氨酸 Ile	0.360	0.310	0.506	0.421	0.334
亮氨酸 Leu	1.227	1.133	1.380	1.311	1.190
苯丙氨酸 Phe	0.871	0.761	0.965	0.897	0.795
赖氨酸 Lys	0.463	0.387	0.611	0.455	0.381
组氨酸 His	0.696	0.582	0.690	0.686	0.563
精氨酸 Arg	1.025	0.827	1.120	1.028	0.790
天冬氨酸 Asp	0.839	0.716	1.098	0.928	0.725
丝氨酸 Ser	0.683	0.595	0.760	0.674	0.603
谷氨酸 Glu	3.085	2.707	3.444	3.215	2.717
甘氨酸 Gly	0.561	0.470	0.614	0.523	0.467

丙氨酸 Ala	0.722	0.655	0.842	0.802	0.701
半胱氨酸 Cys	0.600	0.612	0.609	0.608	0.609
酪氨酸 Tyr	0.687	0.534	0.724	0.677	0.545
脯氨酸 Pro	0.321	0.296	0.367	0.328	0.291
EAA	6.370	5.380	7.150	6.470	5.440
NEAA	7.500	6.590	8.460	7.760	6.660
TAA	13.860	11.960	15.61	14.220	12.090
LAA	0.770	0.630	0.930	0.750	0.630
BCAA	2.060	1.800	2.500	2.230	1.910
FAA	5.340	4.670	5.940	5.550	4.700
DAA	7.140	6.230	8.040	7.400	6.260

1) 每千克预混料中含有Provided the following per kg of the premix：VA 600 000 IU，VD_3 250 000 IU，VE 2 500 IU，VK_3 180 mg，VB_1 35 mg，VB_2 850 mg，VB_6 90 mg，烟酸 nicotinic acid 2.2g，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 1.7g，VB_{12} 3 mg，生物素 biotin 14 mg，叶酸 folic acid 150 mg，Fe 4 g，Cu 0.8 g，Zn 5 g，Mn 3 g，I 30 mg，Se 30 mg，Co 25 mg。

2) 消化能为计算值，其余均为实测值。下表同。DE was a calculated value, while the others were measured values. The same as below.

3) EAA：必需氨基酸 essential amino acid，必需氨基酸=苏氨酸+缬氨酸+蛋氨酸+异亮氨酸+亮氨酸+苯丙氨酸+赖氨酸+组氨酸+精氨酸 EAA=Thr+Val+Met+Ile+Leu+Phe+Lys+His+Arg；NEAA：非必需氨基酸 non-essential amino acid，非必需氨基酸=天冬氨酸+丝氨酸+谷氨酸+甘氨酸+丙氨酸+半胱氨酸+酪氨酸+脯氨酸 NEAA=Asp+Ser+Glu+Gly+Ala+Cys+Tyr+Pro；TAA：总氨基酸 total amino acid；LAA：限制性氨基酸 limited amino acid，限制性氨基酸=赖氨酸+蛋氨酸 LAA=Lys+Met；BCAA：支链氨基酸 branched chain amino acid，支链氨基酸=缬氨酸+异亮氨酸+亮氨酸 BCAA=Val+Ile+Leu；FAA：功能性氨基酸 functional amino acid，功能性氨基酸=谷氨酸+亮氨酸+精氨酸 FAA=Glu+Leu+Arg；DAA：呈味氨基酸 delicious amino acid，呈味氨基酸=天冬氨酸+谷氨酸+甘氨酸+丙氨酸+精氨酸+蛋氨酸 DAA=Asp+Glu+Gly+Ala+Arg+Met。下表同。The same as below.

表 2 放牧育肥成年羊和羔羊牧草营养水平及氨基酸组成(风干基础)

Table 2 Nutrient levels and amino acid profile of grass for pasture fattening AG and KG (air-dry basis) %

项目 Items	成年羊 AG		羔羊 KG		
	1~30 d	31~60 d	1~30 d	31~60 d	61~90 d
营养水平 Nutrient levels					
消化能 DE/（MJ/kg）	10.83	10.52	10.79	10.87	10.65
粗蛋白质 CP	11.24	8.46	9.52	8.46	6.51

中性洗涤纤维 NDF	58.36	63.01	35.9	39.19	39.68
酸性洗涤纤维 ADF	37.35	39.19	59.68	63.01	65.76
钙 Ca	1.52	1.43	1.89	1.48	1.10
磷 P	0.16	0.14	0.12	0.13	0.10
氨基酸组成 Amino acid profile					
苏氨酸 Thr	0.472	0.393	0.430	0.372	0.245
缬氨酸 Val	0.271	0.214	0.237	0.196	0.158
蛋氨酸 Met	0.162	0.080	0.146	0.085	0.085
异亮氨酸 Ile	0.422	0.349	0.377	0.324	0.197
亮氨酸 Leu	0.743	0.546	0.836	0.684	0.575
苯丙氨酸 Phe	0.760	0.675	0.715	0.653	0.645
赖氨酸 Lys	0.427	0.373	0.365	0.327	0.384
组氨酸 His	0.264	0.207	0.270	0.227	0.193
精氨酸 Arg	0.393	0.270	0.365	0.274	0.212
天冬氨酸 Asp	0.999	0.901	0.858	0.791	0.806
丝氨酸 Ser	0.494	0.423	0.472	0.420	0.312
谷氨酸 Glu	1.465	1.369	1.587	1.509	1.276
甘氨酸 Gly	0.430	0.343	0.381	0.318	0.300
丙氨酸 Ala	0.568	0.507	0.583	0.537	0.351
半胱氨酸 Cys	0.244	0.227	0.346	0.328	0.349
酪氨酸 Tyr	0.317	0.239	0.285	0.228	0.128
脯氨酸 Pro	0.264	0.206	0.254	0.210	0.225
EAA	3.910	3.110	3.740	3.140	2.700
NEAA	4.780	4.220	4.770	4.340	3.750
TAA	8.700	7.320	8.510	7.490	6.440
LAA	0.590	0.450	0.510	0.410	0.470
BCAA	1.440	1.110	1.450	1.200	0.930
FAA	2.600	2.190	2.790	2.470	2.060
DAA	4.260	3.700	4.270	3.840	3.380

1.2 样品采集与前处理

在试验期内，对于放牧育肥的成年羊和羔羊，每周连续 2 d 随放牧羊跟踪采集其采食的牧草，将每月采集的牧草样品风干，混合均匀后作为每一育肥阶段的牧草样品，用于营养水平和氨基酸组成的测定。对于舍饲育肥的成年羊和羔羊，在每一个育肥阶段分别采集 TMR，制作风干样品，用于营养水平和氨基酸组成的测定。

在育肥试验结束前 7 天，早晨分别从每组空腹成年羊和羔羊中各选 10 只，颈静脉采血、离心，分离血浆。在育肥试验结束时，分别从每组中选择 6 只成年羊和羔羊进行屠宰，屠宰后取左侧背最长肌、臂三头肌、股二头肌和臀肌样，包于锡箔纸中，-20 ℃保存以备分析。

1.3 测试指标与方法

牧草和 TMR 的总能（GE）、粗蛋白质(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、钙和磷含量参照张丽英[13]主编的《饲料分析与质量检测技术》测定。

消化能(DE)根据饲粮 GE 及其消化率计算。在育肥试验每个阶段分别从 SF 和 PF 组选择 6 只羊进消化试验，利用内源指示剂酸不溶灰分（AIA）法测定各组羊对 GE 的消化率。采用粪袋对粪样进行收集。预试期 7 d，正试期 5 d。正试期每天收集 4 次粪样，每次 50 g，连续 5 d。PF 组每天跟踪羊的放牧采食情况，采集牧草样，SF 组采集 TMR，将采集的粪样与饲粮样-20 ℃冷冻保存备用，用以测定其中的干物质（DM）与 AIA 的含量。AIA 含量参照张丽英[13]主编的《饲料分析与质量检测技术》测定。

饲粮 GE 消化率（%）=1-[饲粮中 AIA 含量（%）×粪中 GE 含量（%）]/[粪中 AIA 含量（%）×饲粮中 GE 含量（%）];

DE（MJ/kg）=饲粮 GE 含量(MJ/kg)×饲粮 GE 消化率（%）。

牧草、TMR、血浆、背最长肌、臂三头肌、股二头肌和臀肌中的 17 种单一氨基酸的含量的测定采用酸解法，参照 GB/T 5009.124-2003 进行，采用 L-8900 型氨基酸自动分析仪测定。

将解冻后的血浆取 750 μL，加等体积的 8%的磺基水杨酸，置于 4 ℃冰箱过夜。取出后在 4 ℃、17 968×*g* 离心 20 min 取上清液，经 0.22 μm 滤膜过滤至上样瓶中。

将牧草、TMR 和肌肉样品65 ℃烘干、粉碎。乙醚脱脂24 h 以上。称取50.0 mg（精确至 0.1 mg）脱脂肌肉样品于水解管中，加入15 mL 6 mol/L 盐酸溶液，向水解管中缓慢通入氮气2 min，旋紧水解管的盖子，置于（110±1） ℃干燥箱中水解24 h。水解1 h 后，轻轻摇动水解管，水解24 h 后冷却，摇匀水解液，用定量滤纸干过滤，收集其余滤液于25 mL 容量瓶中定容，作为消化液。

准确移取上述制备好的消化液 0.5 mL 于离心管中，置于氮吹仪上 60 ℃浓缩至近干，然后再加入 200 μL 超纯水浓缩至近干，重复进行 2 次。用 2.5 mL 0.02 mol/L 盐酸溶液超声溶解，经 0.22 μm 滤膜过滤至上样瓶中。

1.4 数据统计分析

试验数据采用 SAS 9.0 软件的统计程序 ANOVA 进行二因素方差分析，统计结果 $P<0.05$ 表示差异显著，$0.05\leq P<0.10$ 表示差异趋于显著。

2 结 果

2.1 育肥方式和年龄对绒山羊血浆氨基酸组成的影响

表3的结果表明，SF组血浆亮氨酸（Leu）、苯丙氨酸（Phe）、组氨酸（His）、Gly、Ala和酪氨酸（Tyr）浓度显著高于PF组（P<0.05），苏氨酸（Thr）、Met、异亮氨酸（Ile）、赖氨酸（Lys）、Arg、Asp和Glu浓度显著低于PF组（P<0.05）；SF组血浆NEAA和DAA浓度显著高于PF组（P<0.05），而EAA、功能性氨基酸(FAA)和限制性氨基酸(LAA)浓度及EAA/NEAA和EAA/总氨基酸（TAA）显著低于PF组（P<0.05）。AG组血浆Thr、缬氨酸（Val）、Leu和Lys浓度均显著高于KG组（P<0.05）；而AG组血浆Met、Ile、Phe、Arg、Asp、Glu、Gly、Cys和Tyr浓度均显著低于KG组（P<0.05）；AG组血浆EAA、支链氨基酸（BCAA）和LAA浓度及EAA/NEAA和EAA/TAA均显著高于KG组（P<0.05），而NEAA、FAA和DAA浓度显著低于KG组（P<0.05）；血浆TAA浓度年龄之间差异不显著（P>0.05）。

育肥方式和年龄的交互作用对血浆Thr、Val、Met、Ile、Leu、Lys、His、Arg、Asp、Glu、Ala、Cys、Tyr、BCAA、LAA和DAA浓度及EAA/TAA有显著的影响（P<0.05）。其中，PF-AG组血浆Thr、Met、Lys、Arg、Glu和LAA浓度最高，Leu、His、Ala、Cys、Tyr、NEAA和DAA浓度最低；PF-KG组的血浆Ile、Asp、Cys、FAA浓度最高；SF-AG组的血浆Val、Leu、His、Ala和BCAA浓度最高，而Thr、Met、Ile、Phe、Arg、Asp、Glu和FAA浓度最低；SF-KG组的血浆Phe、Tyr和DAA浓度最高，而Val、Lys、BCAA和LAA浓度最低。

表3 育肥方式和年龄对绒山羊血浆氨基酸组成的影响

Table 3 Effects of fattening methods and age on plasma amino acid profile in cashmere goats μmol/L

项目 Items	组别 Groups				SEM	育肥方式 FM		年龄 Age		P 值 P-value		
	PF-AG	PF-KG	SF-AG	SF-KG		PF	SF	AG	KG	P_1	P_2	$P_1 \times P_2$
苏氨酸 Thr	234.20^{a}	176.66^{b}	116.01^{d}	131.41^{c}	4.98	205.43^{a}	123.26^{b}	175.10^{a}	155.37^{b}	<0.01	<0.01	<0.01
缬氨酸 Val	283.70^{b}	253.02^{b}	423.52^{a}	175.33^{c}	10.37	266.44	281.70	348.23^{a}	216.46^{b}	0.18	<0.01	<0.01
蛋氨酸 Met	24.54^{a}	22.24^{ab}	11.74^{c}	20.25^{bc}	0.92	23.46^{a}	15.71^{b}	18.52^{b}	21.31^{a}	<0.01	0.01	<0.01
异亮氨酸 Ile	92.91^{a}	95.25^{a}	46.75^{c}	71.95^{b}	2.63	94.00^{a}	57.55^{b}	69.83^{b}	84.50^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
亮氨酸 Leu	128.57^{b}	139.77^{b}	214.58^{a}	137.62^{b}	6.44	134.46^{b}	168.41^{a}	162.97^{a}	138.75^{b}	<0.01	<0.01	<0.01
苯丙氨酸 Phe	68.37^{c}	77.92^{b}	55.40^{d}	104.87^{a}	1.89	72.46^{b}	81.79^{a}	62.32^{b}	93.32^{a}	0.01	<0.01	<0.01
赖氨酸 Lys	188.67^{a}	188.48^{a}	160.97^{a}	99.42^{b}	8.35	188.57^{a}	137.89^{b}	173.28^{a}	150.31^{b}	<0.01	0.02	<0.01
组氨酸 His	44.36^{b}	48.88^{b}	61.11^{a}	56.75^{a}	1.41	46.47^{b}	58.93^{a}	50.80^{a}	52.16^{a}	<0.01	0.46	0.02
精氨酸 Arg	183.96^{a}	171.61^{a}	98.01^{c}	128.71^{b}	4.80	177.37^{a}	111.65^{b}	133.40^{b}	150.16^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
天冬氨酸 Asp	8.11^{b}	11.98^{a}	8.09^{b}	8.55^{b}	0.27	10.04^{a}	8.27^{b}	8.10^{b}	10.51^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
丝氨酸 Ser	107.08	122.45	114.45	110.03	5.35	115.17	112.24	116.57	110.77	0.62	0.31	0.09

谷氨酸 Glu	292.07^{a}	289.28^{a}	205.02^{b}	275.76^{a}	9.13	290.68^{a}	235.97^{b}	248.55^{b}	283.37^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
甘氨酸 Gly	626.05	670.72	741.39	820.03	23.91	646.67^{b}	778.09^{a}	687.56^{b}	751.12^{a}	<0.01	0.04	0.56
丙氨酸 Ala	174.88^{c}	228.38^{b}	296.07^{a}	283.41^{a}	7.71	199.84^{b}	291.00^{a}	239.03	253.78	<0.01	0.11	<0.01
半胱氨酸 Cys	1.77^{b}	3.22^{a}	2.92^{a}	2.22^{b}	0.15	2.55	2.60	2.30^{b}	2.84^{a}	0.60	<0.01	<0.01
酪氨酸 Tyr	38.18^{c}	61.64^{b}	60.75^{b}	68.29^{a}	1.20	49.91^{b}	64.52^{a}	49.47^{b}	64.96^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
脯氨酸 Pro	85.32	87.01	89.51	97.51	3.72	86.17	93.25	87.71	92.67	0.13	0.29	0.50
EAA	1 273.38	1 167.60	1 105.78	929.41	47.45	1 217.70^{a}	1 022.24^{b}	1 185.17^{a}	1 054.76^{b}	<0.01	0.01	0.47
NEAA	1 382.82^{b}	1 468.55^{b}	1 493.11^{b}	1 738.65^{a}	45.50	1 427.94^{b}	1 609.42^{a}	1 440.87^{b}	1 596.49^{a}	<0.01	<0.01	0.10
TAA	2 656.20	2 636.10	2 598.90	2 668.07	69.92	2 645.64	2 631.66	2 626.04	2 651.26	0.86	0.73	0.54
EAA/NEAA	0.92	0.73	0.77	0.58	0.02	0.84^{a}	0.67^{b}	0.85^{a}	0.66^{b}	<0.01	<0.01	0.89
EAA/TAA	0.48	0.45	0.44	0.36	0.01	0.47^{a}	0.40^{b}	0.46^{a}	0.408^{b}	<0.01	<0.01	<0.01
BCAA	504.08^{b}	482.49^{b}	636.58^{a}	386.55^{c}	18.11	492.45	486.56	570.33^{a}	428.52^{b}	0.90	<0.01	<0.01
FAA	590.73^{ab}	617.66^{a}	513.07^{c}	552.5^{b}	11.82	604.19^{a}	531.47^{b}	551.90^{b}	587.25^{a}	<0.01	0.01	0.65
LAA	213.69^{a}	210.31^{a}	199.24^{a}	144.88^{b}	8.70	212.00^{a}	172.06^{b}	207.49^{a}	182.27^{b}	<0.01	0.02	0.02
DAA	1 371.57^{b}	1 449.80^{b}	1 386.49^{b}	1 659.43^{a}	33.77	1 408.08^{b}	1 522.96^{a}	1 378.53^{b}	1 554.62^{a}	0.01	<0.01	0.02

P_1为育肥方式间的差异，数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05）；P_2为年龄间的差异，数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05）；P_1×P_2表示育肥方式与年龄的互作作用，数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05）。下表同。

P_1 was the difference between fattening modes, and values with different small letter superscripts mean significant difference （P<0.05）; P_2 was difference between ages, and values with different small letter superscripts mean significant difference （P<0.05）; P_1×P_2 indicated the interaction between fattening modes and ages， and values with different capital letter superscripts mean significant difference （P<0.05）. The same as below.

2.2 育肥方式和年龄对绒山羊背最长肌氨基酸组成的影响

表4的结果表明，SF组背最长肌Val、Met、Ile、Leu、Phe、Lys、His、Asp、丝氨酸（Ser）和Tyr含量显著高于PF组（P<0.05），Thr和脯氨酸（Pro）含量趋于显著高于PF组（0.05≤P<0.10）；SF组背最长肌CP、EAA、NEAA、TAA和BCAA含量显著高于PF组（P<0.05），EAA/NEAA、EAA/TAA和LAA含量趋于显著高于PF组（0.05≤P<0.10）；SF组背最长肌FAA和DAA含量数值上有所提高，但与PF组间差异不显著（P>0.05）。AG组背最长肌Val、Met、Leu、Phe、Lys、His、Arg、Asp、Ser、Gly、Cys、Tyr和Pro含量显著低于KG组（P<0.05），Thr含量趋于显著低于KG组（0.05≤P<0.10），而Glu含量显著高于KG组（P<0.05）；AG组背最长肌CP、EAA、TAA、BCAA和LAA含量及EAA/NEAA和EAA/TAA均显著低于KG组（P<0.05）。

育肥方式和年龄的交互作用对背最长肌Gly和Cys含量有显著的影响（P<0.05），对Lys

和EAA/NEAA有趋于显著的影响（0.05≤P<0.10）。其中，PF-AG组的背最长肌Gly含量最低，SF-AG组的背最长肌Gly含量最高；SF-KG组和PF-KG组的背最长肌Cys含量最高。

表4　育肥方式和年龄对绒山羊背最长肌氨基酸组成的影响（鲜重基础）

Table 4　Effects of fattening methods and age on amino acid profile of *Longissimus dorsi* in cashmere goats (fresh weight basis)　　%

项目 Items	组别 Groups				SEM	育肥方式 FM		年龄 Age		P 值 P-value		
	PF-AG	PF-KG	SF-AG	SF-KG		PF	SF	AG	KG	P_1	P_2	$P_1 \times P_2$
粗蛋白质 CP	20.28	21.53	22.13	22.37	0.29	20.91^{b}	22.26^{a}	21.21^{b}	21.99^{a}	<0.01	0.02	0.12
苏氨酸 Thr	0.85	0.87	0.87	0.93	0.02	0.86	0.90	0.86	0.90	0.07	0.09	0.39
缬氨酸 Val	0.70	0.79	0.75	0.90	0.02	0.74^{b}	0.83^{a}	0.72^{b}	0.85^{a}	<0.01	<0.01	0.11
蛋氨酸 Met	0.42	0.56	0.48	0.59	0.01	0.50^{b}	0.53^{a}	0.45^{b}	0.57^{a}	<0.01	<0.01	0.19
异亮氨酸 Ile	0.82	0.81	0.91	0.87	0.02	0.82^{b}	0.89^{a}	0.87	0.84	<0.01	0.27	0.35
亮氨酸 Leu	1.42	1.63	1.51	1.71	0.03	1.53^{b}	1.62^{a}	1.47^{b}	1.68^{a}	0.01	<0.01	0.93
苯丙氨酸 Phe	0.76	0.82	0.84	0.93	0.02	0.79^{b}	0.89^{a}	0.80^{b}	0.89^{a}	<0.01	<0.01	0.39
赖氨酸 Lys	1.35	1.49	1.49	1.52	0.03	1.41^{b}	1.51^{a}	1.40^{b}	1.50^{a}	0.02	<0.01	0.09
组氨酸 His	0.58	0.64	0.67	0.71	0.01	0.61^{b}	0.69^{a}	0.62^{b}	0.68^{a}	<0.01	<0.01	0.65
精氨酸 Arg	1.12	1.20	1.15	1.21	0.02	1.16	1.18	1.13^{b}	1.20^{a}	0.31	<0.01	0.57
天冬氨酸 Asp	1.56	1.84	1.68	1.92	0.04	1.71^{b}	1.80^{a}	1.62^{b}	1.88^{a}	0.03	<0.01	0.65
丝氨酸 Ser	0.69	0.73	0.73	0.76	0.01	0.71^{b}	0.75^{a}	0.71^{b}	0.75^{a}	<0.01	<0.01	0.71
谷氨酸 Glu	3.06	2.77	3.01	2.86	0.07	2.91	2.94	3.03^{a}	2.82^{b}	<0.01	<0.01	0.36
甘氨酸 Gly	0.72^{d}	0.81^{c}	0.95^{a}	0.85^{b}	0.01	0.83	0.83	0.76^{b}	0.90^{a}	0.42	<0.01	<0.01
丙氨酸 Ala	1.13	1.13	1.14	1.12	0.03	1.14	1.13	1.13	1.13	0.98	0.75	0.57
半胱氨酸 Cys	0.07^{b}	0.09^{a}	0.06^{b}	0.09^{a}	0.00	0.08	0.07	0.06^{b}	0.09^{a}	0.64	<0.01	0.02
酪氨酸 Tyr	0.47	0.56	0.52	0.59	0.01	0.51^{b}	0.55^{a}	0.49^{b}	0.58^{a}	<0.01	<0.01	0.27
脯氨酸 Pro	0.54	0.64	0.61	0.64	0.02	0.59	0.62	0.57^{b}	0.64^{a}	0.09	0.02	0.18
EAA	8.19	8.56	8.59	9.15	0.12	8.36^{b}	8.87^{a}	8.39^{b}	8.89^{a}	<0.01	<0.01	0.46
NEAA	8.21	8.51	8.6	8.64	0.11	8.35^{b}	8.62^{a}	8.41	8.58	0.05	0.18	0.33
TAA	16.24	17.07	17.19	17.79	0.23	16.57^{b}	17.49^{a}	16.67^{b}	17.47^{a}	<0.01	<0.01	0.65
EAA/NEAA	1.00^{b}	1.02^{b}	1.00^{b}	1.06^{a}	0.10	1.01	1.03	1.00^{b}	1.04^{a}	0.08	<0.01	0.09
EAA/TAA	0.50	0.50	0.50	0.51	0.00	0.50	0.51	0.50^{b}	0.51^{a}	0.07	<0.01	0.10
BCAA	3.04	3.26	3.16	3.38	0.06	3.14^{b}	3.27^{a}	3.09^{b}	3.32^{a}	0.05	<0.01	1.00
FAA	5.63	5.59	5.74	5.8	0.11	5.61	5.77	5.68	5.70	0.20	0.87	0.67
LAA	1.79	2.04	1.92	2.13	0.05	1.94	2.02	1.86^{b}	2.08^{a}	0.08	<0.01	0.74
DAA	8.19	8.42	8.37	8.47	0.12	8.32	8.42	8.29	8.45	0.43	0.28	0.64

2.3　育肥方式和年龄对绒山羊臂三头肌氨基酸组成的影响

表5的结果表明，SF组臂三头肌Val、Met、Leu、His、Cys、Tyr和Pro含量显著高于PF

组（P<0.05）；SF组臂三头肌CP、BCAA、FAA和DAA含量及EAA/TAA显著高于PF组（P<0.05），EAA/NEAA趋于显著高于PF组（0.05≤P<0.10）。AG组臂三头肌Thr、Val、Ile、Phe、Lys、His、Arg、Asp、Ser、Glu、Gly、Ala和Tyr含量显著低于KG组（P<0.05），而Pro含量显著高于KG组（P<0.05）；AG组臂三头肌EAA、NEAA、TAA、BCAA、LAA和DAA含量显著低于KG组，CP和FAA含量及EAA/TAA趋于显著低于KG组（0.05≤P<0.10）。

育肥方式和年龄的交互作用对臂三头肌Ser和EAA含量有显著的影响（P<0.05），而对NEAA和TAA含量有趋于显著的影响（0.05≤P<0.10）。其中，PF-KG组的臂三头肌Ser和EAA含量最高,而PF-AG组的臂三头肌Ser和EAA含量最低。

表5 育肥方式和年龄对绒山羊臂三头肌氨基酸组成的影响（鲜样基础）

Table 5 Effects of fattening methods and age on amino acid profile of arm triceps in cashmere goats (fresh weight basis) %

项目 Items	组别 Groups				SEM	育肥方式 FM		年龄 Age		P 值 P-value		
	PF-AG	PF-KG	SF-AG	SF-KG		PF	SF	AG	KG	P_1	P_2	$P_1 \times P_2$
粗蛋白质 CP	19.62	19.94	20.56	21.30	0.29	19.77^{b}	20.93^{a}	20.05	20.62	<0.01	0.08	0.51
苏氨酸 Thr	0.79	1.01	0.88	0.97	0.03	0.88	0.93	0.83^{b}	0.99^{a}	0.50	<0.01	0.12
缬氨酸 Val	0.73	0.96	0.80	1.09	0.04	0.86^{b}	0.96^{a}	0.78^{b}	1.03^{a}	0.02	<0.01	0.39
蛋氨酸 Met	0.43	0.42	0.47	0.47	0.01	0.42^{b}	0.47^{a}	0.44	0.44	<0.01	0.99	0.72
异亮氨酸 Ile	0.76	0.87	0.80	0.88	0.04	0.80	0.83	0.78^{b}	0.88^{a}	0.55	0.04	0.87
亮氨酸 Leu	1.36	1.44	1.57	1.50	0.04	1.40^{b}	1.53^{a}	1.46	1.47	0.02	0.80	0.15
苯丙氨酸 Phe	0.71	0.93	0.80	0.91	0.03	0.81	0.85	0.75^{b}	0.92^{a}	0.21	<0.01	0.13
赖氨酸 Lys	1.28	1.47	1.41	1.49	0.04	1.38	1.45	1.35^{b}	1.48^{a}	0.10	0.01	0.19
组氨酸 His	0.51	0.61	0.58	0.71	0.02	0.56^{b}	0.64^{a}	0.55^{b}	0.66^{a}	0.01	<0.01	0.52
精氨酸 Arg	1.05	1.35	1.11	1.24	0.06	1.20	1.18	1.08^{b}	1.30^{a}	0.68	<0.01	0.19
天冬氨酸 Asp	1.56	1.78	1.69	1.80	0.04	1.67	1.75	1.62^{b}	1.79^{a}	0.17	<0.01	0.29
丝氨酸 Ser	0.65^{c}	0.87^{a}	0.72^{b}	0.75^{b}	0.01	0.73	0.73	0.68^{b}	0.80^{a}	0.52	<0.01	<0.01
谷氨酸 Glu	2.78	3.28	2.89	3.03	0.12	3.03	2.95	2.84^{b}	3.17^{a}	<0.01	0.01	0.16
甘氨酸 Gly	0.72	0.99	0.75	0.92	0.04	0.85	0.85	0.73^{b}	0.96^{a}	0.59	<0.01	0.26
丙氨酸 Ala	1.05	1.12	1.09	1.18	0.03	1.08	1.13	1.07^{b}	1.15^{a}	0.14	0.02	0.71
半胱氨酸 Cys	0.08	0.08	0.09	0.10	0.00	0.08^{b}	0.09^{a}	0.08	0.09	<0.01	0.20	0.69
酪氨酸 Tyr	0.49	0.54	0.53	0.63	0.02	0.51^{b}	0.57^{a}	0.51^{b}	0.58^{a}	0.01	0.01	0.27
脯氨酸 Pro	0.55	0.37	0.57	0.44	0.02	0.46^{b}	0.50^{a}	0.56^{a}	0.40^{b}	0.04	<0.01	0.37
EAA	7.63^{c}	9.62^{a}	8.36^{b}	9.37^{a}	0.20	8.52	8.86	7.99^{b}	9.49^{a}	0.26	<0.01	0.04
NEAA	7.76	9.62	8.31	9.11	0.25	8.59	8.71	8.04^{b}	9.34^{a}	0.86	<0.01	0.08

EAA/NEAA	0.98	1.00	1.00	1.04	0.02	0.99	1.02	0.99	1.02	0.09	0.11	0.59
EAA/TAA	0.50	0.50	0.50	0.51	0.00	0.50	0.51	0.50	0.51	0.04	0.06	0.31
TAA	15.39	19.25	16.67	18.48	0.42	17.10	17.58	16.03[b]	18.82[a]	0.51	<0.01	0.05
BCAA	2.91	3.28	3.12	3.52	0.09	3.08[b]	3.34[a]	3.01[b]	3.41[a]	0.02	<0.01	0.86
FAA	5.22	5.47	5.59	5.80	0.13	5.30[b]	5.70[a]	5.39	5.68	0.03	0.07	0.90
LAA	1.83	2.03	1.91	1.99	0.04	1.93	1.95	1.87[b]	2.01[a]	0.71	0.01	0.23
DAA	7.42	8.38	8.28	9.05	0.27	7.90[b]	8.71[a]	7.85[b]	8.75[a]	0.03	<0.01	0.77

2.4 育肥方式和年龄对绒山羊股二头肌氨基酸组成的影响

表6的结果表明，SF组股二头肌Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe、Lys、His、Arg、Asp、Ser、Glu、Ala、Tyr和Pro含量均显著高于PF组（P<0.05）；SF组股二头肌CP、EAA、NEAA、TAA、BCAA、FAA、LAA和DAA含量及EAA/NEAA和EAA/TAA均显著高于PF组（P<0.05）。AG组股二头肌Thr、Val、His、Arg、Asp、Ser、Glu和Ala含量均显著低于KG组（P<0.05），Met、Cys、Tyr和Pro含量显著高于KG组（P<0.05）；AG组股二头肌EAA、TAA、BCAA、FAA和DAA含量及EAA/NEAA和EAA/TAA显著低于KG组（P<0.05），而NEAA含量趋于显著低于KG组（0.05≤P<0.10）。

育肥方式和年龄的交互作用对股二头肌Thr、Met、Leu、Phe、Lys、His、Arg、Asp、Ser、Glu、Ala、Tyr、EAA、NEAA、TAA、FAA、LAA和DAA含量及EAA/NEAA和EAA/TAA均有显著的影响（P<0.05）。其中，PF-AG组的股二头肌Arg、Ser、Glu、Ala、EAA、NEAA、TAA、FAA和DAA含量及EAA/NEAA最低；PF-KG组的股二头肌Met、Leu、Phe、Lys、His、Asp、Tyr和LAA含量最低；SF-AG组的股二头肌Met、Asp和Tyr含量最高；SF-KG组的股二头肌Thr、Leu、Phe、Lys、His、Arg、Ser、Glu、Ala、EAA、NEAA、TAA、FAA、LAA和DAA含量及EAA/NEAA和EAA/TAA最高。

表6　育肥方式和年龄对绒山羊股二头肌氨基酸组成的影响（鲜样基础）

Table 6　Effects of fattening methods and age on amino acid profiles of biceps femoris in cashmere goats (fresh weight basis)　%

项目 Items	组别 Groups				SEM	育肥方式 FM		年龄 Age		P 值 P-value		
	PF-AG	PF-KG	SF-AG	SF-KG		PF	SF	AG	KG	P_1	P_2	$P_1 \times P_2$
粗蛋白质 CP	20.21	20.33	21.08	21.3	0.21	20.28[b]	21.19[a]	20.69	20.82	<0.01	0.56	0.82
苏氨酸 Thr	0.85[b]	0.85[b]	0.91[b]	1.07[a]	0.02	0.85[b]	0.98[a]	0.88[b]	0.95[a]	<0.01	<0.01	<0.01
缬氨酸 Val	0.65	0.82	0.73	1.00	0.03	0.72[b]	0.89[a]	0.68[b]	0.91[a]	<0.01	<0.01	0.16
蛋氨酸 Met	0.54[b]	0.43[c]	0.58[a]	0.52[b]	0.01	0.48[b]	0.56[a]	0.56[a]	0.46[b]	<0.01	<0.01	0.05
异亮氨酸 Ile	0.84	0.82	0.87	0.94	0.02	0.83[b]	0.90[a]	0.85	0.88	<0.01	0.23	0.08

亮氨酸 Leu	1.57^{c}	1.53^{c}	1.71^{b}	1.91^{a}	0.03	1.55^{b}	1.80^{a}	1.64	1.70	<0.01	0.14	<0.01
苯丙氨酸 Phe	0.83^{c}	0.80^{c}	0.91^{b}	1.01^{a}	0.02	0.81^{b}	0.96^{a}	0.88	0.89	<0.01	0.61	0.03
赖氨酸 Lys	1.43^{b}	1.30^{c}	1.50^{b}	1.69^{a}	0.03	1.37^{b}	1.59^{a}	1.47	1.50	<0.01	0.45	<0.01
组氨酸 His	0.55^{c}	0.52^{c}	0.64^{b}	0.80^{a}	0.01	0.53^{b}	0.71^{a}	0.59^{b}	0.66^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
精氨酸 Arg	1.16^{b}	1.22^{b}	1.19^{b}	1.50^{a}	0.02	1.19^{b}	1.29^{a}	1.18^{b}	1.34^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
天冬氨酸 Asp	1.79^{b}	1.52^{c}	1.94^{a}	1.89^{ab}	0.03	1.67^{b}	1.92^{a}	1.71^{b}	1.87^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
丝氨酸 Ser	0.70^{c}	0.73^{bc}	0.77^{b}	0.90^{a}	0.02	0.73^{b}	0.80^{a}	0.71^{b}	0.82^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
谷氨酸 Glu	2.60^{d}	2.82^{c}	3.20^{b}	3.76^{a}	0.06	2.93^{b}	3.24^{a}	2.72^{b}	3.45^{a}	<0.01	<0.01	0.02
甘氨酸 Gly	0.91	0.86	0.92	0.90	0.02	0.89	0.91	0.91	0.89	0.45	0.28	0.45
丙氨酸 Ala	1.05^{c}	1.27^{b}	1.07^{c}	1.48^{a}	0.03	1.16^{b}	1.23^{a}	1.06^{b}	1.36^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
半胱氨酸 Cys	0.10	0.07	0.09	0.08	0.00	0.08	0.09	0.09^{a}	0.07^{b}	0.90	<0.01	0.48
酪氨酸 Tyr	0.59^{a}	0.46^{b}	0.63^{a}	0.59^{a}	0.01	0.51^{b}	0.61^{a}	0.61^{a}	0.51^{b}	<0.01	<0.01	0.02
脯氨酸 Pro	0.85	0.38	0.86	0.39	0.02	0.55^{b}	0.63^{a}	0.86^{a}	0.38^{b}	0.53	<0.01	0.97
EAA	8.42^{b}	8.63^{b}	8.99^{b}	10.58^{a}	0.21	8.52^{b}	9.70^{a}	8.68^{b}	9.41^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
NEAA	8.70^{b}	8.72^{b}	9.09^{b}	10.03^{a}	0.17	8.71^{b}	9.50^{a}	8.87	9.24	<0.01	0.05	0.02
EAA/NEAA	0.97^{b}	0.99^{b}	0.99^{b}	1.05^{a}	0.01	0.98^{b}	1.02^{a}	0.98^{b}	1.02^{a}	<0.01	<0.01	0.03
EAA/TAA	0.49^{b}	0.50^{b}	0.50^{b}	0.51^{a}	0.00	0.50^{b}	0.51^{a}	0.49^{b}	0.51^{a}	<0.01	<0.01	0.04
TAA	17.12^{b}	17.35^{b}	18.08^{b}	20.61^{a}	0.37	17.23^{b}	19.20^{a}	17.55^{b}	18.65^{a}	<0.01	0.01	0.01
BCAA	3.04	3.25	3.25	3.78	0.10	3.15^{b}	3.52^{a}	3.14^{b}	3.49^{a}	<0.01	<0.01	0.16
FAA	5.35^{d}	6.10^{b}	5.73^{c}	7.22^{a}	0.10	5.69^{b}	6.39^{a}	5.54^{b}	6.66^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
LAA	1.99^{b}	1.71^{c}	2.06^{b}	2.21^{a}	0.04	1.88^{b}	2.12^{a}	2.02	1.96	<0.01	0.22	<0.01
DAA	8.28^{b}	8.49^{b}	8.55^{b}	10.22^{a}	0.13	8.36^{b}	9.21^{a}	8.41^{b}	9.35^{a}	<0.01	<0.01	<0.01

2.5 育肥方式和年龄对绒山羊臀肌氨基酸组成的影响

表7的结果表明，SF组臀肌Met和His含量显著高于PF组（*P*<0.05），Thr含量显著低于PF组（*P*=0.04），Arg和Ala含量趋于显著低于PF组（0.05≤*P*<0.10）；SF组臀肌EAA/TAA趋于显著高于PF组（0.05≤*P*<0.10）;而SF组臀肌CP含量显著低于PF组（*P*<0.05）。AG组臀肌Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe、Lys、His、Arg、Ser、Glu、Gly、Ala和Pro含量均显著低于KG组（*P*<0.05）;AG组臀肌CP、EAA、NEAA、TAA、BCAA、FAA、LAA和DAA含量显著低于KG组（*P*<0.05）。

育肥方式与年龄的交互作用对臀肌CP、Thr、Met、Ile、Leu、Phe、Lys、Arg、Ser、Glu、Gly、Ala、Cys、Pro、EAA、NEAA、TAA、BCAA、FAA和DAA含量有显著的影响（*P*<0.05），而对His、Asp和LAA含量有趋于显著的影响（0.05≤*P*<0.10）。其中，PF-AG组的臀肌CP、Thr、Met、Ile、Leu、Phe、Lys、Arg、Ser、Glu、Ala、Cys、EAA、NEAA、TAA、BCAA、FAA和DAA含量最低；PF-KG组的臀肌CP、Thr、Ile、Leu、Phe、Lys、Arg、

Ser、Glu、Gly、Ala、Cys、EAA、NEAA、TAA、BCAA、FAA和DAA含量最高；SF-AG组的臀肌Met和Pro含量最高；SF-KG组Gly和Pro含量最低。

表7　育肥方式和年龄对绒山羊臀肌中氨基酸组成的影响（鲜样基础）

Table 7　Effects of fattening methods and age on amino acid profile of gluteus in cashmere goats (fresh weight basis)　%

项目 Items	组别 Groups				SEM	育肥方式 FM		年龄 Age		*P* 值 *P*-value		
	PF-AG	PF-KG	SF-AG	SF-KG		PF	SF	AG	KG	P_1	P_2	$P_1 \times P_2$
粗蛋白质 CP	19.65^{d}	24.29^{a}	20.56^{c}	21.34^{b}	0.31	21.76^{a}	21.03^{b}	20.01^{b}	22.68^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
苏氨酸 Thr	0.79^{c}	1.03^{a}	0.81^{c}	0.91^{b}	0.02	0.92^{a}	0.86^{b}	0.80^{b}	0.98^{a}	0.04	<0.01	0.02
缬氨酸 Val	0.78	1.29	0.85	1.16	0.08	1.01	1.00	0.80^{b}	1.23^{a}	0.80	<0.01	0.27
蛋氨酸 Met	0.47^{b}	0.53^{a}	0.54^{a}	0.53^{a}	0.01	0.50^{b}	0.53^{a}	0.50^{b}	0.53^{a}	<0.01	<0.01	<0.01
异亮氨酸 Ile	0.72^{b}	0.89^{a}	0.820^{ab}	0.82^{ab}	0.03	0.80	0.82	0.76^{b}	0.85^{a}	0.84	0.02	0.04
亮氨酸 Leu	1.48^{b}	1.77^{a}	1.65^{a}	1.65^{a}	0.03	1.61	1.65	1.55^{b}	1.71^{a}	0.41	<0.01	<0.01
苯丙氨酸 Phe	0.77^{c}	0.97^{a}	0.81^{bc}	0.87^{b}	0.03	0.85	0.87	0.79^{b}	0.92^{a}	0.20	<0.01	0.01
赖氨酸 Lys	1.35^{b}	1.63^{a}	1.50^{a}	1.58^{a}	0.04	1.46	1.55	1.40^{b}	1.60^{a}	0.27	<0.01	0.03
组氨酸 His	0.51	0.60	0.58	0.61	0.02	0.56^{b}	0.60^{a}	0.55^{b}	0.60^{a}	0.04	<0.01	0.08
精氨酸 Arg	1.07^{c}	1.41^{a}	1.11^{c}	1.22^{b}	0.03	1.22	1.16	1.08^{b}	1.31^{a}	0.08	<0.01	<0.01
天冬氨酸 Asp	1.61	1.79	1.76	1.74	0.04	1.70	1.75	1.68	1.77	0.28	0.10	0.05
丝氨酸 Ser	0.67^{c}	0.89^{a}	0.75^{bc}	0.79^{b}	0.02	0.79	0.77	0.71^{b}	0.84^{a}	0.27	<0.01	<0.01
谷氨酸 Glu	2.54^{c}	3.91^{a}	2.78^{c}	3.36^{b}	0.10	3.22	3.10	2.63^{b}	3.66^{a}	0.11	<0.01	<0.01
甘氨酸 Gly	0.82^{b}	0.92^{a}	0.89^{ab}	0.81^{b}	0.02	0.89	0.85	0.86	0.88	0.18	0.51	<0.01
丙氨酸 Ala	0.99^{c}	1.41^{a}	1.08^{c}	1.19^{b}	0.03	1.18	1.14	1.03^{b}	1.29^{a}	0.07	<0.01	<0.01
半胱氨酸 Cys	0.08^{b}	0.11^{a}	0.10^{ab}	0.09^{b}	0.00	0.10	0.09	0.09	0.10	0.22	0.19	<0.01
酪氨酸 Tyr	0.50	0.54	0.52	0.53	0.01	0.52	0.53	0.51	0.53	0.40	0.18	0.37
脯氨酸 Pro	0.44^{b}	0.47^{ab}	0.50^{a}	0.37^{c}	0.01	0.46	0.44	0.42^{b}	0.48^{a}	0.18	<0.01	<0.01
EAA	8.12^{c}	10.39^{a}	9.00^{b}	9.40^{b}	0.13	9.13	9.23	8.45^{b}	8.90^{a}	0.62	<0.01	<0.01
NEAA	7.80^{c}	10.09^{a}	8.34^{b}	9.10^{b}	0.15	8.82	8.78	8.01^{b}	9.60^{a}	0.22	<0.01	<0.01
EAA/NEAA	1.04	1.01	1.06	1.05	0.02	1.02	1.06	1.05	1.03	0.10	0.23	0.65
EAA/TAA	0.51	0.50	0.52	0.51	0.00	0.51	0.51	0.51	0.51	0.09	0.22	0.58
TAA	15.92^{d}	20.42^{a}	17.34^{c}	18.50^{b}	0.26	17.92	18.01	16.45^{b}	19.46^{a}	0.36	<0.01	<0.01
BCAA	3.01^{d}	4.09^{a}	3.29^{c}	3.53^{b}	0.07	3.50	3.41	3.12^{b}	3.84^{a}	0.14	<0.01	<0.01
FAA	5.17^{c}	6.95^{a}	5.77^{b}	5.83^{b}	0.09	5.84	5.81	5.40^{b}	6.31^{a}	0.18	<0.01	<0.01
LAA	1.87	2.16	2.00	2.08	0.04	2.00	2.04	1.92^{b}	2.11^{a}	0.61	<0.01	0.05
DAA	7.67^{c}	9.82^{a}	8.12^{c}	8.91^{b}	0.12	8.63	8.46	7.87^{b}	9.43^{a}	0.37	<0.01	<0.01

3 讨　论

3.1 育肥方式和年龄对羊肉氨基酸组成的影响

肉的营养价值依赖于蛋白质的含量与质量，尤其是对人类 EAA 需求量的满足程度。育肥方式是影响羊肉蛋白质品质的主要因素之一。阿尔巴斯白绒山羊传统的育肥方式是放牧育肥，然而，为了保护草原和生态环境，舍饲育肥成为了目前绒山羊育肥的主要方式之一。为此，本试验以当地的主要饲料资源葵花盘粉和玉米秸秆草颗粒为粗饲料原料，参照我国《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2004）[12]配制了典型的育肥 TMR，研究了天然牧草与 TMR 对成年羊和断奶羔羊的羊肉氨基酸组成是否有影响，结果得出，与 PF 组相比，SF 组提高了肌肉组织的 CP、EAA、NEAA 和 TAA 含量，说明舍饲育肥羊羊肉蛋白质品质较好。从饲粮的营养水平分析，SF 组羊的 TMR 是参照《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2004）[12]配制的，其蛋白质水平与氨基酸组成均优于 PF 组的天然牧草。从营养物质的消化率分析，本课题组的前期研究得出，与放牧育肥相比，舍饲育肥显著提高了绒山羊成年羊和羔羊的 CP 进食量和 CP 消化率[14-15]。因此，摄入了更多的可消化 CP，会引起血液氨基酸浓度的变化。冯涛[16]报道了饲喂 CP 水平分别为 13%、15%和 17%的饲粮对舍饲羔羊肌肉氨基酸组成的影响，研究得出，饲喂饲粮 CP 水平 17%的羔羊肌肉中沉积了更丰富的 EAA。杜敏清[17]研究指出，饲粮 Lys 水平为 1.2%的泌乳母猪血浆中单一氨基酸、EAA、NEAA 和 TAA 浓度高于其他组（0.9%、1.0%和 1.1%），说明该组体内的氨基酸利用率最低,从而导致生产性能较其他组低。本试验从血液氨基酸浓度的结果来看，与 PF 组相比，SF 组显著降低了血浆 EAA、FAA 和 LAA 浓度，这可能部分地解释了 SF 组羊氨基酸利用率和肌肉组织氨基酸含量增加的原因。此外，本试验结果得出，与 PF 组相比，SF 组显著提高了羊血浆芳香族氨基酸 Phe 和 Tyr 的浓度。随着血清 Tyr 浓度的增加，大脑 Tyr 和儿茶酚胺如去甲肾上腺素的含量相应地增加[18]。去甲肾上腺素可调节进食量，因此 SF 组血浆 Tyr 浓度的增加可能与其进食量增加有关。即舍饲育肥提高了绒山羊的蛋白质进食量、消化率和利用率，进而提高了羊肉中沉积的蛋白质数量与质量。除饲粮 CP 水平外，其他营养物质如能量、矿物质和维生素等含量也是影响羊肉氨基酸组成和营养价值的因素[19-20]。本试验中 SF 组绒山羊饲喂的 TMR，除 CP 水平外，能量、矿物质钙、磷及维生素含量均不同程度地高于 PF 组，与 NRC 标准相似，这也是导致舍饲育肥绒山羊对蛋白质利用效率较高的原因，但本试验尚未对相关领域进行深入研究，需要进一步探讨。

此外，舍饲育肥和放牧育肥条件下羊的运动量也不同。López-Bote 等[21]研究了相同饲粮的 2 组猪在舍饲条件下不运动（对照组）与每天运动（运动组）对肌肉氨基酸的影响，同时比较了舍饲与放养（吃草为主）对肌肉氨基酸的影响，结果表明，运动抑制了蛋白质分解酶的活性，但是与舍饲猪相比，放养猪肌肉 BCAA 含量显著降低，这与机体运动量有关。Martins 等[22]研究表明，放养猪背最长肌 CP 含量显著高于舍饲猪，这与运动量有关。赵华等[23]研究报道中强度和高强度运动 6 和 8 h 后，老鼠骨骼肌哺乳动物雷帕霉素靶蛋白（mTOR）信号通路的磷酸化水平均显著增加，说明运动促进蛋白质合成。然而，关于运动对机体蛋白质代谢的影响目前主要集中在单胃动物、啮齿动物及人的研究领域，有关反刍动物的研究甚少。本试验中放牧育肥的绒山羊每天的自由运动量大，舍饲育肥绒山羊的运动量少，这对肌肉蛋白质含量究竟有什么样的影响需要进一步探讨。除此之外，2 种育肥条件下光照、温度等都有所不同，这也是影响绒山羊蛋白质代谢的因素，都需要进一步探讨。

有研究指出，饲粮中长期补饲 BCAA 可改善鼠的运动协调能力和耐力，延长公老鼠的寿命，BCAA 可通过调节 mTOR/内皮型一氧化氮合酶(eNOS)途径，对线粒体生物合成、细胞能量代谢和活性氧自由基（ROS）清除起关键作用[24]。本试验结果得出，SF 组臂三头肌和股二头肌的 BCAA 含量显著高于 PF 组，这说明舍饲育肥羊的骨骼肌有利于人体健康。BCAA 的增加可能与支链氨基酸转氨酶 2（*BCAT*2）和支链氨基酸 a-酮酸脱氢酶（*BCKDH*）表达量减少有关[25-26]，有待于进一步研究。Suryawan 等[27]指出 Leu 可激活单胃动物肌肉中的 mTOR 信号通路。Du 等[25]报道 mTOR 信号通路是调节肌肉蛋白质合成的主要通路，在骨骼肌中氨基酸的水平刺激 mTOR 磷酸化，依次提高其下游核糖体 S6 激酶 1（S6K1）和真核细胞翻译起始因子 4E 结合蛋白 1（4EBP1）的磷酸化，从而增加蛋白质合成。Sales 等[28]报道，双羔羊肌肉内 Leu 含量低于单羔羊，从而抑制了 mTOR 信号通路，进一步减少了肌肉的蛋白质含量。本试验结果得出，SF 组臂三头肌和股二头肌 Val 和 Leu 含量显著高于 PF 组，提示 SF 组羊臂三头肌和股二头肌的蛋白质含量高于 PF 组可能与 mTOR 信号通路的活性有关，有必要深入研究。

年龄也是影响体内氨基酸合成和蛋白质营养价值的因素之一。Kimball 等[29]报道刚出生的仔猪肌肉蛋白质合成率最高，随着年龄的增长而下降，这与本试验结果相似。本试验得出，KG 组背最长肌、臂三头肌、股二头肌和臀肌中 CP、EAA、NEAA、TAA、BCAA 和 FAA

含量均高于 AG 组，说明断奶羔羊蛋白质合成率和营养价值高于成年羊。本试验中断奶羔羊育肥结束屠宰时是 7 月龄，成年羊是 5 岁。动物在 1 岁之前，机体以骨的生长和肌肉的生长为主，蛋白质、钙、磷沉积效应强，而且不同年龄阶段蛋白质周转率也不同，由此说明羔羊对饲料蛋白质的利用率高，肌肉中蛋白质的沉积量高。从血浆氨基酸浓度来看，本试验结果得出 KG 组血浆 NEAA 和 FAA 浓度显著高于 AG 组，而 Val、Leu、BCAA、EAA 和 LAA 浓度均显著低于 AG 组，这也说明羔羊对饲料蛋白质利用率高，肌肉中蛋白质沉积量高。一些研究报道得出，老年个体与年轻个体相比，蛋白质合成率低[30]；这与 Dillon 等[31]得出结果相似，本试验也得出相似的结果。此外，本课题的前期研究结果得出，成年羊血清胰岛素浓度显著高于羔羊，而生长激素和胰岛素样生长因子-Ⅰ（IGF-Ⅰ）浓度显著低于羔羊，说明羔羊的循环 IGF-Ⅰ高、蛋白质合成率高。Zhou 等[32]研究了饲粮 CP 水平和 Cys 添加对育肥猪骨骼肌蛋白质合成和降解信号通路的影响，结果得出，饲粮添加 Cys 提高了血浆 IGF-Ⅰ，从而提高了磷酸化 mTOR、4EBP1 和 S6K1 的蛋白质丰度，促进了蛋白质的合成。

3.2 育肥方式和年龄对羊肉DAA的影响

阿尔巴斯白绒山羊是世界著名的绒肉兼用型品种,传统的饲养方式以放牧育肥为主，尽管人们认为放牧饲养的绒山羊肉鲜嫩味美、风味独特，但是相关的研究甚少。饲粮因素是影响羊肉风味的主要因素之一。目前，受到生态环境的限制，舍饲育肥成为了绒山羊的主要育肥方式。然而，与采食天然牧草的放牧育肥相比，舍饲育肥条件下绒山羊采食 TMR，饲粮组成及营养水平发生了很大程度的改变，这可能对山羊肉的品质和风味产生较大的影响。鲜味的主要特征是增强风味，DAA 如 Gly、Arg、Asp、Ala 和 Glu 是形成肉品香味所必需的前体氨基酸，与肉质的鲜味有直接关系，其中 Glu 起主导作用，它具有使肉味变鲜美、缓解食物出现咸和酸等味道的作用[33]。所以同一种食物 DAA 含量越高，风味就越好[34-36]。Met 和 Cys 这2种含硫氨基酸在热降解时产生的含硫杂环化合物也是肉品香味形成的主要物质[37]。本论文主要比较研究了采食天然牧草和 TMR 2种不同饲粮条件下羊肉氨基酸组成产生的变化，进而为充分发挥绒山羊的特色优势和改善羊肉风味提供参考依据。研究结果得出，与 PF 组相比，SF 组显著提高了臂三头肌和股二头肌的 Arg、Asp、Glu、Ala 及 DAA 含量，其中 Glu 占 DAA 的35%以上，起主要作用；此外，SF 组显著提高了肌肉 Met 含量，这些结果提示 SF 组有提高羊肉鲜味氨基酸含量的趋势。本试验从羊肉氨基酸组成的角度得出舍饲羊

肉风味比放牧羊肉好，可能原因是 SF 组的 TMR 饲粮 DAA 含量高于 PF 组的天然牧草，而且单一氨基酸和 TAA 进食量也高于 PF 组。此外，与 PF 组相比，SF 组显著减少了血浆 Met、Arg、Asp 和 Glu 浓度，解释了 SF 组肌肉中 Arg、Asp、Glu 及 DAA 含量高于 PF 组的原因，因此，2种育肥方式下其羊肉风味的变化机理有必要从调控氨基酸代谢的基因、蛋白质和信号通路方面进行进一步研究。本试验结果也得出，KG 组肌肉 DAA、Arg 和 Asp 含量高于 AG 组，结果提示羔羊肉风味较成年羊肉好，可能的原因尚不清楚。本试验只是从氨基酸组成的角度探讨了育肥方式和年龄对羊肉风味的影响，除此之外，羊肉的脂肪酸组成是影响羊肉风味的主要因素之一，因此，关于其影响机理有必要从脂肪酸组成等方面进行深入研究。

4 结 论

舍饲育肥绒山羊肌肉 EAA、NEAA、BCAA、TAA 和 DAA 含量高于放牧育肥；绒山羊断奶羔羊肌肉 EAA、NEAA、BCAA、FAA 及 DAA 含量高于成年羊。

参考文献：

[1] 刘章忠,曹娟,向程举,等.贵州黑山羊肉质营养特性与氨基酸模型研究[J].黑龙江畜牧兽医,2013(23):70–72.

[2] RUIZ J,GARCÍA C,DEL CARMEN DÍAZ M,et al.Dry cured Iberian ham non-volatile components as affected by the length of the curing process[J].Food Research International,1999,32(9):643–651.

[3] MARTÍN L,ANTEQUERA T,VENTANAS J,et al.Free amino acids and other non-volatile compounds formed during processing of Iberian ham[J].Meat Science,2001,59(4):363–368.

[4] CARRAPISO A I,VENTANAS J,GARCÍA C.Characterization of the most odor-active compounds of Iberian ham headspace[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2002,50(7):1996–2000.

[5] TOLDR´A F.Meat:chemistry and biochemistry[M]//HUI Y H.Handbook of Food Science,Technology,and Engineering-4 Volume Set.Boca Raton:CRC Press,2005:1–18.

[6] BARYŁKO-PIKIELNA N,KOSTYRA E.Sensory interaction of umami substances with model food matrices and its hedonic effect[J].Food Quality and Preference,2007,18(5):751–758.

[7] CHIANG P D,YEN C T,MAU J L.Non-volatile taste components of various broth cubes[J].Food Chemistry,2007,101(3):932–937.

[8] 梁庭敏,周万能,杨昀,等.黔东南小香羊肌肉组织中氨基酸和脂肪酸组成的研究[J].中国草食动物,1999(5):38–40.

[9] 杨富民.肉用杂种一代羊肉品质特性研究[D].博士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2004.

[10] MAUGHAN C,TANSAWAT R,CORNFORTH D,et al.Development of a beef flavor lexicon and its application to compare the flavor profile and consumer acceptance of rib steaks from grass- or grain-fed cattle[J].Meat Science,2012,90(1):116–121.

[11] 张振伟,徐小春,石绘陆,等.舍饲条件下年龄对中卫山羊羯羊肉质的影响[J].中国草食动物科学,2013,33(5):17–19.

[12] 中华人民共和国农业部.NY/T 816-2004肉羊饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2004.

[13] 张丽英.饲料分析与饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2003.

[14] 吴铁梅.不同饲养模式对绒山羊羔羊育肥性能、屠宰性能及肉品质的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.

[15] 荷花.饲养模式对绒山羊成年母羊育肥和屠宰性能的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.

[16] 冯涛.日粮蛋白质水平对舍饲羔羊育肥性能及肉品质影响的研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2005.

[17] 杜敏清.不同氨基酸水平对泌乳母猪生产成绩、血液指标及乳汁氨基酸浓度的影响[D].硕士学位论文.雅安：四川农业大学,2010.

[18] FERNSTROM J D.Large neutral amino acids:dietary effects on brain neurochemistry and function[J].Amino Acids,2013,45(3):419–430.

[19] 李晓蒙,李秋凤,曹玉凤,等.日粮能量和蛋白质水平对荷斯坦公牛肉品质的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(19):38–43.

[20] LIU K,GE S Y,LUO H L,et al.Effects of dietary vitamin E on muscle vitamin E and fatty acid content in Aohan fine-wool sheep[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2013,4(1):21.

[21] LÓPEZ-BOTE C J,TOLDRÁ F,DAZA A,et al.Effect of exercise on skeletal muscle proteolytic enzyme activity and meat quality characteristics in Iberian pigs[J].Meat Science, 2008,79(1):71–76.

[22] MARTINS J M,NEVES J A,FREITAS A,et al.Rearing system and oleic acid supplementation effect on carcass and lipid characteristics of two muscles from an obese pig breed[J].Animal:An International Journal of Animal Bioscience,2015,9(10):1721–1730.

[23] 赵华,曾凡星,王宁琦.不同强度运动对大鼠骨骼肌蛋白合成信号影响的研究[J].北京体育大学学报,2014,37(12):45–50,71.

[24] D'ANTONA G,RAGNI M,CARDILE A,et al.Branched-chain amino acid supplementation promotes survival and supports cardiac and skeletal muscle mitochondrial biogenesis in middle-aged mice[J].Cell Metabolism,2010,12(4):362–372.

[25] DU M,ZHU M J,MEANS W J,et al.Nutrient restriction differentially modulates the mammalian target of rapamycin signaling and the ubiquitin-proteasome system in skeletal muscle of cows and their fetuses[J].Journal of Animal Science,2005,83(1):117–123.

[26] LACKEY D E,LYNCH C J,OLSON K C,et al.Regulation of adipose branched-chain amino acid catabolism enzyme expression and cross-adipose amino acid flux in human obesity[J].American Journal of Physiology:Endocrinology and Metabolism,2013,304(11):E1175–E1187.

[27] SURYAWAN A,ORELLANA R A,FIOROTTO M L,et al.Triennial growth symposium:leucine acts as a nutrient signal to stimulate protein synthesis in neonatal pigs[J].Journal of Animal Science,2011,89(7):2004–2016.

[28] SALES F,PACHECO D,BLAIR H,et al.Muscle free amino acid profiles are related to differences in skeletal muscle growth between single and twin ovine fetuses near term[J].SpringerPlus,2013,2:483.

[29] KIMBALL S R,FARRELL P A,NGUYEN H V,et al.Developmental decline in components of signal transduction pathways regulating protein synthesis in pig muscle[J].American Journal of Physiology:Endocrinology and Metabolism,2002,282(3):E585–E592.

[30] GUILLET C,PROD'HOMME M,BALAGE M,et al.Impaired anabolic response of muscle protein synthesis is associated with S6K1 dysregulation in elderly humans[J].FASEB Journal:Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology,2004,18(13):1586–1587.

[31] DILLON E L,CASPERSON S L,DURHAM W J,et al.Muscle protein metabolism responds similarly to exogenous amino acids in healthy younger and older adults during NO-induced hyperemia[J].American Journal of Physiology:Regulatory,Integrative and Comparative Physiology,2011,301(5):R1408–R1417.

[32] ZHOU P,ZHANG L,LI J L,et al.Effects of dietary crude protein levels and cysteamine supplementation on protein synthetic and degradative signaling in skeletal muscle of finishing pigs[J].PLoS One,2015,10(9):e0139393.

[33] 孙寿永,张浩.海门山羊不同部位肌肉中氨基酸含量的研究[J].中国畜牧兽医,2012,39(12):77–81.

[34] 刘飞,张轩杰.湘云鲫(鲤)肌肉生化成分和氨基酸组成分析[J].内陆水产,2000,25(7):8–9.

[35] 赵国芬,敖长金,赵志恭,等.沙葱和油料籽实对羊肉中氨基酸组成的影响[J].畜牧与兽医,2007,39(7):24–25.

[36] 朱砺,李学伟,帅素容,等.大河猪与大河乌猪的肌肉营养成分分析[J].中国畜牧杂志,2008,44(7):6–9.

[37] GUENTERT M,BRUENING J,EMBERGER R,et al.Identification and formation of some selected sulfur-containing flavor compounds in various meat model systems[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,i1990,38(11):2027–2041.

Effects of Pasture Fattening and Stall Fattening on Amino Acid Profile in Plasma and Muscle of Cashmere Goats

WU Tiemei YAN Sumei* ZHANG Ying WANG Xue Gerelmaa GUO Xiaoyu

(*College of Animal Sciences*, *Inner Mongolia Agricultural University*, *Hohhot* 010018, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of pasture fattening and stall fattening on amino acid profile in plasma and muscle tissues (*Longissimus dorsi*, arm triceps

biceps femoris and gluteus) of adult and weaner kid goats of Albas white cashmere goats. The experiment adopted 2×2 factorial arrangement. Sixty healthy weaner 4-month old Albas white cashmere kid goats [（20.36±0.32） kg] and sixty 5-year old adult goats [(40.38±0.84) kg] with similar body weight, body form and appearance were selected and then divided into 4 groups with thirty animals each. The first factor was fattening methods that divided into pasture fattening and stall fattening (ingested total mixed ration), which were named PF and SF, respectively. The second factor was age that divided into adult and kid goats, which were named AG and KG, respectively. Adult and kid goats were fattened for 60 and 90 d, respectively. The result showed as follows: compared with SF group, plasma concentrations of non-essential amino acid (NEAA) and delicious amino acid were significantly lower in PF group (P<0.05), but those of essential amino acid (EAA), functional amino acid (FAA) and limited amino acid (LAA) were significantly higher in PF group (P<0.05). Compared with AG group, plasma concentrations of NEAA, FAA and delicious amino acid (DAA) of KG group were significantly higher (P<0.05), and EAA, branched chain amino acid （BCAA） and LAA in plasma of KG group were significantly lower (P<0.05). In general, the contents of crude protein （CP）, EAA, NEAA, total amino acid （TAA）, BCAA, FAA and DAA in muscle were lower in PF group compared to SF group. The contents of CP, EAA, NEAA, TAA, BCAA, LAA, FAA and DAA in muscle were higher in KG group compared to AG group. The results indicate that stall fattening cashmere goats have better muscular amino acid profile than pasture fattening goats, and weaner kid goats have better muscular amino acid profile than adult goats.

Key words: fattening method; age; cashmere goat; amino acid

---

*Corresponding author, professor, Email: yansmimau@163.com （责任编辑　王智航）